

УДК 621.315.592

DOI: 10.17223/00213411/62/12/69

*П.А. БРУДНЫЙ***СПЕКТРЫ РОСТОВЫХ ЛОВУШЕК НИТРИДА ГАЛЛИЯ ***

Проанализированы энергетические спектры ростовых ловушек в эпитаксиальных слоях нелегированного и легированного нитрида галлия, выращенного в различных технологических условиях.

Ключевые слова: эпитаксиальные слои GaN, ростовые ловушки.

Введение

Нитрид галлия (GaN) и твердые растворы соединений III-N используют при производстве СВЧ-транзисторов с высокой подвижностью электронов (High Electron Mobility Transistor (HEMT)) гигагерцового диапазона. Такие транзисторы имеют более высокие поля пробоя и выходную удельную мощность по сравнению с HEMT-структурами на базе кубических кристаллов. Современные методы кристаллизации нитридов – металлоорганическое химическое осаждение из паровой фазы (Metal-Organic Chemical Vapor Deposition (MOCVD)), эпитаксия из молекулярных пучков (Molecular Beam Epitaxy (MBE)), гидридная паровая фазная эпитаксия (Hydride Vapor Phase Epitaxy (HVPE)), рост раствора под высоким давлением (High Pressure Solution Growth (HPSG)), кристаллизация аммонотермальным методом (Ammonothermal Method (ATM)) позволяют получать как тонкие, так и достаточно толстые слои GaN. При этом отсутствие объемных кристаллов нитрида галлия соответствующих размеров приводит к необходимости использования подложек на основе Al_2O_3 , Si, SiC и других при выращивании эпитаксиальных пленок нитридных соединений, следствием чего является большая плотность ($\sim 10^9 \text{ см}^{-2}$) краевых и винтовых дислокаций в ростовом материале. Высокие температуры синтеза при MOCVD-эпитаксии ($\sim 1000^\circ\text{C}$) и летучесть азотного компонента приводят к значительной плотности собственных дефектов решетки в этом материале. Наряду с собственными дефектами в нитриде галлия присутствуют химические примеси и, прежде всего, водород и углерод, что обусловлено технологическими особенностями выращивания данного соединения. В формировании ростовых ловушек может принимать участие также примесь кислорода и другие примеси и их комплексы с собственными дефектами решетки. Так, *n*-тип проводимости ростового GaN связывают с автодопингом примеси кислорода. Все это приводит к достаточно высокой плотности ростовых ловушек, что ограничивает мощностные характеристики в динамическом режиме HEMT-структур на базе нитрида галлия и приводит к деградации характеристик таких структур в процессе эксплуатации. В частности, эффект коллапса тока HEMT-структур связывают с наличием глубоких ловушек акцепторного типа. Поэтому проблема ростовых дефектов в нитриде галлия и поиск технологических условий получения материала высокого структурного совершенства являются предметом многочисленных экспериментальных и теоретических исследований.

Ростовые дефекты GaN и их спектры

Для получения информации о параметрах ростовых ловушек в нитриде галлия используют нестационарную емкостную спектроскопию глубоких уровней (Deep Levels Transient Spectroscopy (DLTS)), нестационарную спектроскопию неосновных носителей (Minority Carrier Transient Spectroscopy (MCTS)), оптическую спектроскопию глубоких уровней (DLOS, ODLTS), спектроскопию термостимулированной емкости (STSC), переходную спектроскопию изотермической емкости (Isothermal Capacitance Transient Spectroscopy (ICTS)), спектроскопию адмиттанса (Thermal Admittance Spectroscopy (TAS)), метод стационарной фотоемкости (Steady-State PhotoCapitance (SSPC)) и другие методы. Эти измерения показывают, что плотность ростовых ловушек в эпитак-

* Работа выполнена при финансовой поддержке ПНИЭР «Исследование и разработка технологии изготовления сверхвысокочастотных монолитных интегральных схем на основе гетероструктур InAlN/GaN для изделий космического применения, № 14.578.21.0240 (соглашение от 26.09.2017 г. УИР REMEFI 57817X240).

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>